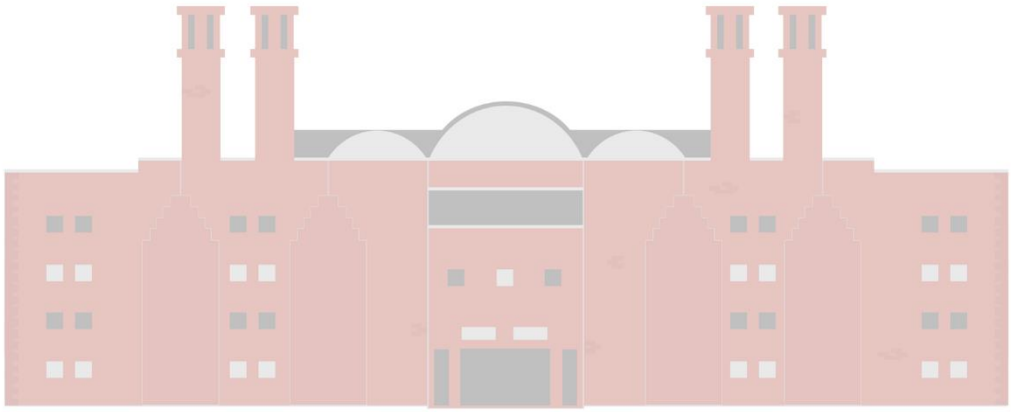
الحُقول الكَهرَطِيسيّة

المحاضرة الأولى

7 صفحات



الدكتور: تيسير حجازي

التاريخ: ٢٠١٤/١٠/١٣

نظرية الحقول الكهرطيسية:

١. مفاهيم ومبادئ أولية.
٢. الحقل الكهربائي الساكن.
٣. الحقل الكهربائي للتيار المستمر.
٤. الحقل المغناطيسي.
٥. الحقل الكهرطيسي.

البحث الأول: مفاهيم ومبادئ أولية

الحقل: هو عبارة عن منطقة ما من الفراغ.

*لدينا على سبيل المثال المقدار الفيزيائي، وبالتالي لكل مقدار فيزيائي حقل معين.

المقدار الفيزيائي:

سُلّمي ~> ينشأ عنهُ **حقل سُلّمي** "مثال: الحقل الحراري"

شُعاعي ~> ينشأ عنهُ **حقل شُعاعي** "مثال: الحقل الكهرطيسي، حقل الجاذبيّة الأرضيّة"

$$(\overline{E}\ ,\ \overline{H}\ ,\ \overline{E})_{-}$$

$\overline{E}$: الحقل الكهربائي الساكن
$\overline{H}$: الحقل المغناطيسي
$\overline{E}$: الحقل الكهربائي للتيار المستمر

← تيار مُستمر

$$(\overline{E}\ ,\ \overline{H})_{\sim}$$

الحقل الكهرطيسي

← تيار مُتناوب

•• السمات الأساسية أو الخواص الرياضيّة للحقول الشُعاعية:

وتتميّز الحقول الشُعاعيّة بـ :

ا. التدفق: وهو أثر القوة على السطح كما لو أن الحقل له سيالة.

ويمثل رياضياً بالشكل: $\int \overline{A}\,.\,d\overline{s} = \int A.\,ds.\cos\alpha$

وبالتالي يعبر عن السطح بشُعاع طويلته المساحة
ونقطة تأثيره مركز السطح واتجاهه ناظمي على السطح باتجاه الخارج .

ويكون التدفق أعظمي عندما يكون الشُعاع عامودي على السطح
ويمكن اعتبار التدفق الداخل موجب والخارج سالب(أو العكس حسب المرجع)

٢.الجَوَلَان: ويعبّر عن العمل المبذول خلال حركة شُعاع الحقل على المسار، ورياضياً:

$$\oint \overline{A}.d\overline{\rho}$$

وبالتالي:

إما أن يكون هذا الجَوَلَان مساوياً للصفر⇐ **الحقل كموني** ويوجد طاقة كامنة.

أو أن يكون الجَوَلَان غير مساوياً للصفر⇐ فيكون **الحقل غير كمونياً** (إعصارياً).

الحقل الكموني:

هو الحقل الذي يكون فيه نتيجة تأثير المقدار الشُعاعي طاقة كامنة ويعبر عنها بـ :

$$E = -\nabla\varphi = 0$$

الحقل الكهرطيسي:

تعريف ١: هو شكل خاص من أشكال المادة الحاملة للطاقة ويتميز بخصائص كهربائية ومغناطيسية محددة

تعريف ٢: هو من منطقة من الفراغ يؤثر بها الحقل على الشحنة الموجودة فيه بقوة ناجمة عن الحقلين (الكهربائي والمغناطيسي)
والتي تساوي

$$\overline{F} = q[E + (V \times B)]$$

الشحنة الكهربائية — شدة الحقل الكهربائي — السرعة — التحريض المغناطيسي

*إنّ الأثرين الكهربائي والمغناطيسي في الحقل الكهرطيسي مرتبطان ارتباطاً وثيقاً ولا يمكن فصلهما عن بعضهما

*إنّ الحقل موجود بوجود الشحنة أو عدمها **ولكن** أثره لا يظهر إلا بوجودها.

*الحقل عبارة عن نبضات لها طاقة محددة تنتشر في الوسط العازل و الطاقة في واحدة الحجم:

$$W = \int \frac{1}{2}\,\varepsilon\,\mathrm{E}^2 + \frac{1}{2}\mu\,H^2$$

$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$

μ_r نفوذيّة نسبية.

μ_0 نفوذيّة الخلاء.

μ نفوذيّة العزل المغناطيسية المطلقة

$\varepsilon = \varepsilon_0 . \varepsilon_r$

ε_r السماحية النسبية.

ε_0 سماحية الهواء.

ε سماحية العزل الكهربائية المطلقة.

لا يمكن دراسة الحقل بمعزل عن خصائص الوسط الموجود فيه فالتفاعل بين الحقل والمادة هو الأساس ونعتبر الوسط (متجانس، ايزوتروبي، خطي)

١) **متجانس**: أي أن الوسط مملوء بمادة واحدة لها نفس الخواص.

٢) **ايزوتروبي**: أي أن خصائص الوسط لا تتعلق بالاتجاه.

٣) **الخطي**: أي أن له الخواص الكهربائية دوماً خطية وكذلك المغناطيسية.

$$\varepsilon = \frac{D}{E} = cte = \text{ثابت}$$

$$\mu = \frac{B}{H} = cte = \text{ثابت}$$

وبالتالي تدرّس الأوساط على أنها متجانسة وإيزوتروبية وخطية ومتجانسة ومجسمة

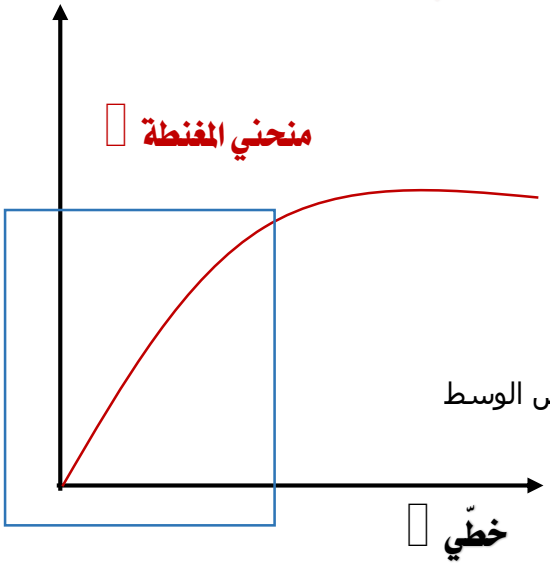
(الوسط المجسم هو الوسط الذي يخلو من الانقطاعات)

ملاحظة: لماذا نأخذ أوساط خطية؟

لأنها تطبق عليها قوانين محددة (قوانين خطيّة)

$$\varepsilon = \varepsilon_0 . \varepsilon_r \quad , \quad \varepsilon_0 = 8{,}85 \times 10^{-12}$$

ثابت cte = هذه النفوذيّة "السماحيّة" النسبيّة ؛ هي التي تحدد خواص الوسط



الجمل الإحداثية

لدينا في الحالة العامة ثلاث جمل إحداثية:

١. الديكارتية X, Y, Z

٢. الأسطوانية r, α, Z

٣. الكرويّة R, α, θ

*العلاقات العامة "الأساسية" للحقل الكهرطيسي (الكهرومغناطيسي)

١. علاقتي الربط الكهربائي والمغناطيسي

$$\bar{D} = \varepsilon . \bar{E}$$

$$\bar{B} = \mu . \bar{H}$$

٢. معادلات ماكسويل الأربع

• **المعادلة الأولى:**

$$rot\ \bar{H} = \delta + \varepsilon \frac{\partial E}{\partial t}$$

دوران شدّة الحقل المغناطيسي — تيار الناقليّة — تيار الإزاحة

• **المعادلة الثانية:**

$$rot\ \bar{E} = -\frac{\partial B}{\partial t}$$

دوران شدّة الحقل الكهربائي

• **المعادلة الثالثة:** معادلة الاستمرار في المغناطيسيّة $div\ \bar{B} = 0$

• **المعادلة الرابعة:** معادلة غاوس $div\ \bar{D} = \rho$

لا تنسونا من دعائكم فنحن نحتاجه من قلوبكم ♥

٣.معادلة الاستمرار

$$div\ \delta = -\frac{\partial B}{\partial t}$$

٤.نظرية بويتنغ

وهي تصف تغيرات الطاقة في الحقل الكهرطيسي

$$w = \frac{1}{2}\ \varepsilon . E^2 + \frac{1}{2}\mu . \mathrm{H}^2$$

*لمعرفة قيم الحقل أو أحد خصائصه في نقطة ما ؛ نعتمد على مجموعة من الخصائص الرياضية:

١) عامل هاملتون أو (العامل ∇)

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial \mathrm{x}}\vec{\mathrm{i}} + \frac{\partial}{\partial \mathrm{y}}\vec{\mathrm{j}} + \frac{\partial}{\partial \mathrm{z}}\vec{\mathrm{k}}$$

٢) تدرّج الكمون "*gradiant*"

$$\nabla\overline{A} = \frac{\partial A}{\partial x}\bar{i} + \frac{\partial A}{\partial y}\bar{j} + \frac{\partial A}{\partial z}\bar{k}$$

أو يُعطى

$$grad\ \overline{A} = \lim_{v \to 0} \oint \frac{A\ dv}{v}$$

ملاحظة

الاتجاه الموجب للتدرج هو باتجاه تزايد التابع

التدرّج يمثل التغير الأعظمي لمقدار سُلّمي A واتجاه هذا التغير.

٣) التفرّق "divergence"

$$div\,\overline{A} = \lim_{v\to 0} \oint \frac{A\,ds}{v}$$

$$div\,A = \nabla.A = \frac{\partial Ax}{\partial x} + \frac{\partial Ay}{\partial y} + \frac{\partial Az}{\partial z}$$

$div\,A > o$ ⇐ النقطة المدروسة منبع للحقل

$div\,A = o$ ⇐ الحقل متجانس في النقطة المدروسة

$div\,A < o$ ⇐ النقطة المدروسة هي نقطة تجميع لقوى الحقل

٤) الدوران : (دوران مقدار شعاعي)

رياضياً: $\mathrm{rot}\bar{A} = \lim_{\Delta s\to 0} \int \frac{A\,.\,d\ell}{\Delta s}$

$$rot\,\bar{A} = \nabla \times A = \begin{vmatrix} i & j & k \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ Ax & Ay & Az \end{vmatrix}$$

»نظرية استوغراوسكي في التفرُّق:

$$\int div\,A\,.\,dv = \oint A\,.\,d\bar{s}$$

»نظرية ستوكس:

التحويل من تكامل خطّي إلى تكامل سطحيّ (و بالعكس)

$$\int rot\,\bar{A}\,.\,d\bar{s} = \oint \bar{A}\,.\,\overline{d\ell}$$

لا تنسونا من دعائكم فنحن نحتاجه من قلوبكم ♥

الحقل الكهربائي الساكن:

يرمز له بالرمز E وواحدته v/m ويعرّف بأنّه منطقة ما من الفراغ
أو هو الحقل المتولّد عن الشحنات الكهربائية الساكنة بالنسبة للملاحِظ وغير متغيّرة مع الزمن.

علاقة الربطة الكهربائيّة:

$$D = \varepsilon . E \quad \{C/M^2\}$$

D : تمثل التحريض الكهربائي الساكن.

E : شدة الحقل الكهربائي.

ε : سماحيّة الوسط الكهربائيّة المطلقة. $\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$

الإبتكار هو ما يُميّز القائد عن التابِع

ستيف جوبز

لا تنسوا زيارتنا على مواقع التواصل الإجتماعي